黑胸散白蚁幼期不同品级的发育和分化

刘源智[1]，彭心赋[2]，唐国清[1]，彭小涛[2]
（1. 四川省林业科学研究院，成都 610081；2. 四川省宜宾市白蚁防治研究所，宜宾 644000）

摘要：在黑胸散白蚁 *Reticulitermes chinensis* 发育和分化过程中，发现有假工蚁、假若蚁两种虫态。假工蚁由 6 龄和 7 龄工蚁转化发育而来，假若蚁由 4 龄和 5 龄若蚁转化发育而来。显微测量结果表明，黑胸散白蚁的胚后发育主要包括 2 个龄期的幼蚁期、6 个以上龄期的工蚁期、4 个龄期的若蚁期和有翅成虫。在此基础上分析了其他虫态的分化来源，发现兵蚁由 3～7 龄工蚁分化发育而来，翅鳞型和长翅芽型补充生殖蚁由 6 龄若蚁转化发育而来，短翅芽型补充生殖蚁由 4 龄和 5 龄若蚁转化发育而来，微翅芽型补充生殖蚁既可由 4～6 龄工蚁转化发育而来，又可由假工蚁和假若蚁转化发育而来，无翅型补充生殖蚁由 3～7 龄工蚁转化发育而来。提出了黑胸散白蚁群体中不同品级个体的可能分化途径。

关键词：黑胸散白蚁；品级；发育；分化途径
中图分类号：Q965 **文献标识码**：A **文章编号**：0454-6296（2002）04-0487-07

Development and differentiation of various castes in the immature stage of *Reticulitermes chinensis*

LIU Yuan-Zhi[1]，PENG Xin-Fu[2]，TANG Guo-Qing[1]，PENG Xiao-Tao[2]（1. Sichuan Academy of Forestry，Chengdu 610081，China；2. Yibin Termite Control Institute，Yibin 644000，China）

Abstract：The pseudo-worker and pseudo-nymph were recognized during the development and differentiation of the immature stage of *Reticulitermes chinensis*. The workers of 6th and 7th instars turned into the pseudo-workers， while the nymphs of the 4th and 5th instars turned into the pseudo-nymphs. Microscopic measurement showed that after hatching the main development stages consisted of a larval stage of two instars， a worker stage of more than six instars， a nymphal stage of four instars and an imago stage. The workers of 3rd – 7th instars turned into the soldiers， the nymphs of the 6th instar turned into the scale and long-wingbud replacement reproductives，the nymphs of the 4th and 5th instars turned into the short-wingbud replacement reproductives， the workers of 4th – 6th instars，pseudo-worker and pseudo-nymph turned into the miniwingbud replacement reproductives and the workers of the 3rd – 7th instars turned into the no-wingbud replacement reproductives. Based on these observations， a differentiation scheme of the various castes in *Reticulitermes chinensis* is proposed.

Key words：*Reticulitermes chinensis*；caste；development；differentiation

黑胸散白蚁 *Reticulitermes chinensis* 是我国的主要危害蚁种之一，广布于北京以南各省。在实验室饲养容易存活，是实验研究的良好对象。已有作者报道了这种白蚁的生物学特性和生态学（潘演征等，1981；潘演征等，1990；唐国清等，1990；刘源智等，1998，2002），现对它的品级、龄期及分化途径作一报道。

1 材料与方法

1.1 试虫和大小测量

划分若蚁和工蚁龄期的个体来自 3 个群体：1 个是 1980 年采自野外的群体；2 个是实验室配对饲养的群体。当产生有翅成虫分飞后（第 9 年分飞），连续 3 年都在 4 月解剖获取标本。测量若蚁的翅芽长度、头的宽度、虫体长度，测量工蚁头的宽度、虫体长度。

1.2 各品级补充生殖蚁的测量

把实验室分离培养和多年野外采集得来的短翅芽型、微翅芽型和无翅型补充生殖蚁，进行头的宽度、翅芽长度测量。

基金项目：四川省应用基础研究课题资助项目
第一作者简介：刘源智，男，1943 年生，高级工程师，从事白蚁生物学及防治研究，E-mail：asclky@shell.scsti.ac.cn；Tel：028-3391135
收稿日期 Received：2001-03-08；接受日期 Accepted：2001-09-03

1.3 已知群体年龄的工蚁测量

解剖实验室配对饲养0.5年、1.5年、2.5年和5.5年群体，测量全部或部分工蚁头宽。

1.4 已知群体年龄的兵蚁和最大工蚁测量

解剖实验室配对饲养了0.5~11年的群体，择其兵蚁和体形最大的工蚁进行头宽测量。

2 研究结果

2.1 黑胸散白蚁的类型、品级

黑胸散白蚁群体中属于生殖类型的有原始型生殖蚁和翅鳞型、长翅芽型、短翅芽型、微翅芽型、无翅型补充生殖蚁（又依次称灰黑色长翅、灰黑色短翅、黄色短翅、黄色微翅、黄色无翅补充蚁）（唐国清等，1990；刘源智等，1998；陈宁生等，1959）。属于非生殖类型的有工蚁和兵蚁。属于两者之间的个体有兵蚁拟补充型和工蚁拟补充型生殖蚁（唐国清等，1990）。具有双重品级特征的个体有翅芽型兵蚁（潘演征等，1981）。在实验室解剖观察和本项研究中，还发现两种个体。一种的体形、体色似工蚁，头宽值1.03~1.08 mm（与7龄或8龄工蚁相近），触角16节，中、后胸各具一对微小翅芽（其长度与3龄若蚁近似）。在群体内发现8头，把其中的3头分离出来，各搭配一定数量的工蚁和兵蚁进行培养，不久便转变为微翅芽型补充生殖蚁，经发育后可产卵繁殖。这种个体，依据来源可称假工蚁，戴季达（1980）称假若蚁。另一种个体的形态与若蚁相似，体细长，中胸和后胸上的翅芽明显比头宽值相同的若蚁短。在群体中发现9头，头宽值1.00~1.05 mm（与5龄或6龄若蚁相近），而翅芽长度仅为0.33~0.53 mm（与4龄若蚁近似）。这种个体很可能是若蚁向补充型生殖蚁方向转化的一种过渡类型，依据来源称它为假若蚁，戴季达（1980）称假工蚁。上述事实说明，黑胸散白蚁的个别工蚁和若蚁在向补充型生殖蚁的转化发育中，中胸和后胸会发生变化，在背部发育延长形成微小翅芽或者使已有的翅芽缩短变小。

2.2 若蚁和工蚁的龄期及工蚁发育进程

有关黑胸散白蚁幼蚁的龄期，陈宁生（1959）测量结果是，1~4龄白蚁头宽值分别为0.39~0.42 mm、0.53~0.61 mm、0.69~0.83 mm、0.83~0.92 mm。潘演征等（1990）对群体年龄为5个月刚出现兵蚁的群体测量结果是，1龄幼蚁头宽0.420~0.530 mm，触角11~12节；2龄幼蚁0.567~0.667 mm，触角12~13节，大颚内缘有小色点，活动自如，后期能取食；3龄头宽0.700~0.840 mm，触角13~14节，可见单眼，具备了工蚁特征。

为了比较，研究中也测量了3个1.5年群体、1个2.5年群体、2个5.5年群体以及3个成熟群体的幼蚁。1龄幼蚁头宽0.390~0.527 mm，2龄幼蚁头宽0.533~0.633 mm。因取材时间不一致，结果稍有出入，但可看出1龄和2龄幼蚁头宽值与群体年龄无多大关系。

2.2.1 若蚁龄期划分：有翅成虫的幼蚁称若蚁。它是继幼蚁后的一种未成熟个体，中、后胸各具一对翅芽。测量表明，翅芽长度在0.180~2.210 mm内，有4个清晰的集中分布区（图1）。据此，把黑胸散白蚁的若蚁划分为4个龄期。

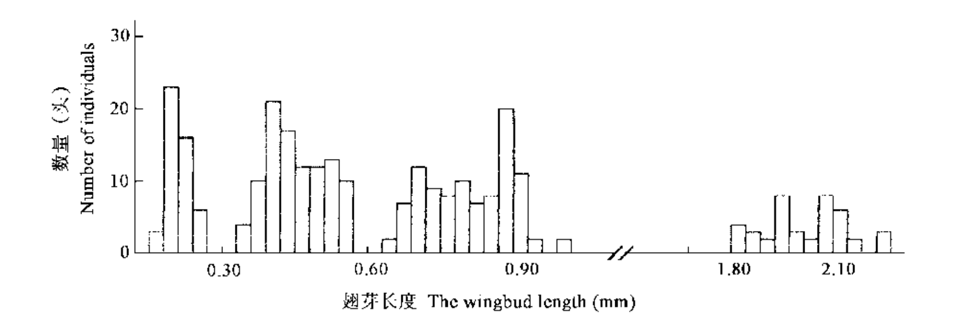


图1 黑胸散白蚁若蚁的翅芽长度分布频次
Fig. 1 Frequency distribution of nymph wingbud length in *Reticulitermes chinensis*

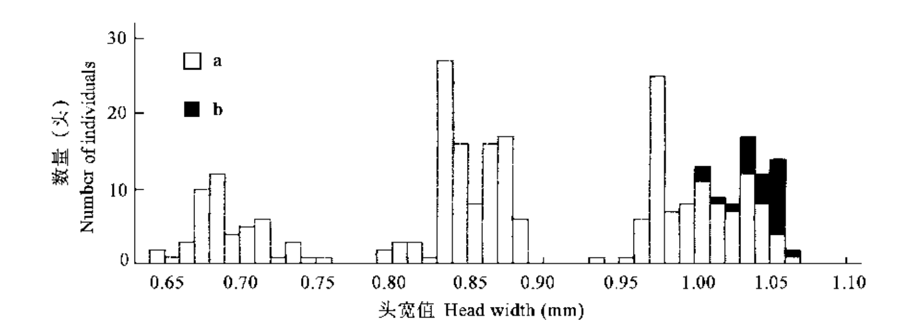


图 2 黑胸散白蚁若蚁的头宽值分布频次

Fig. 2 Frequency distribution of nymph head width in *Reticulitermes chinensis*

a. 3、4、5 龄若蚁（nymphs of 3rd – 5th instars）；b. 6 龄若蚁（nymphs of 6th instar）

若蚁头宽值自 0.637 ~ 1.053 mm 范围内，只有 3 个集中分布的区域。分布频次图（图 2）在前两集中分布区内各出现 1 个高峰，在第 3 个集中分布区内出现了 2 个高峰。因而不能认为只有 3 个龄期。如图 2 所示，前面两个集中分布区各代表一个龄期，后一个集中分布区是两个龄期若蚁头宽值分布图象的重叠。图 2 是根据翅芽长度和复眼是否显著等特征分类测量、分别统计头宽值后绘制出来的。说明低龄若蚁在蜕皮发育中，头宽值的增长与翅芽的增长是同步的，而高龄若蚁（5 龄以上）在蜕皮发育乃至羽化发育中，翅芽或翅的增长十分明显，而头宽增长不显著，这是图象重叠的原因。

在若蚁之前有两个幼蚁龄期，因此依次称 1 龄幼蚁、2 龄幼蚁、3 龄若蚁、4 龄若蚁、5 龄若蚁、6 龄若蚁。各龄若蚁形态如图 3。

2.2.2 工蚁龄期划分：测量的 3 个群体中，最大工蚁的头宽值都未小于 1.07 mm，符合蔡邦华等（1964）对该蚁种形态特征的记载。以 0.01 mm 为区分段绘出工蚁的头宽值分布频次如图 4。

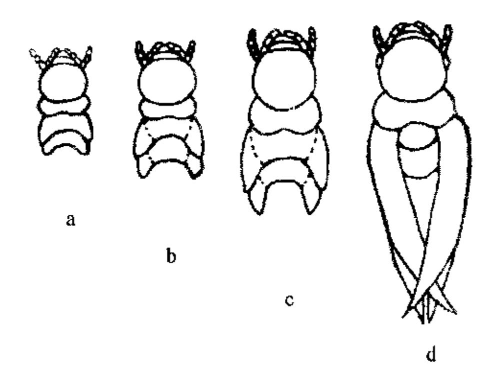


图 3 黑胸散白蚁各龄若蚁头胸背面图

Fig. 3 Dorsal view of head and thorax of nymph in different instars of *Reticulitermes chinensis*

a. 3 龄若蚁（nymphs of 3rd instar）；b. 4 龄若蚁（nymphs of 4th instar）；c. 5 龄若蚁（nymphs of 5th instar）；d. 6 龄若蚁（nymphs of 6th instar）

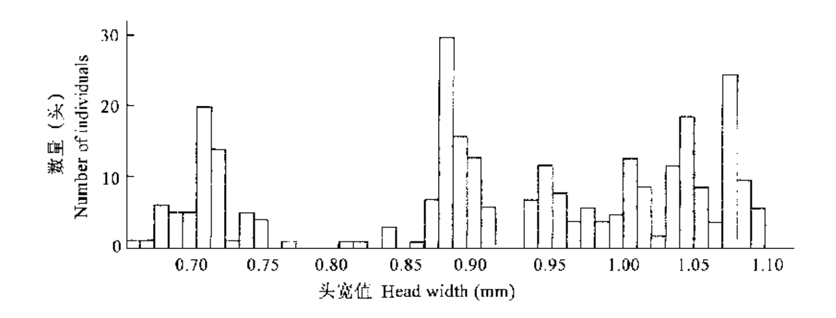


图 4 黑胸散白蚁工蚁的头宽值分布频次

Fig. 4 Frequency distribution of soldier head width in *Reticulitermes chinensis*

图 4 中，有 3 个连续分布区，第 1、2 个连续分布区各出现 1 个峰值，其间是一个长距离低频次断续分布区。第 3 个连续分布区出现了 4 个高峰，是 4 个龄期工蚁头宽值图象的连接。因此，把工蚁划为 6 个龄期。为了证实划分的合理性，进行了假设检验，方差分析所得的 F 值为 2667.58，而 $P =$

0.05 的 F 值为 2.24，说明龄期间差异显著。称谓是，1 龄幼蚁、2 龄幼蚁、3 龄工蚁、4 龄工蚁、5 龄工蚁、6 龄工蚁、7 龄工蚁、8 龄工蚁。3、4、5、6、7、8 龄工蚁的平均头宽值分别是（mm）：0.710 ± 0.035，0.876 ± 0.011，0.947 ± 0.013，1.001 ± 0.010，1.039 ± 0.007，1.074 ± 0.008。从图 4 看出，老龄工蚁（6 龄以上）每蜕一次皮，体形都增长不大，头宽值仅平均增长 0.03 ~ 0.04 mm，与戴季达（1980）观察到黄胸散白蚁 *R. flaviceps* 老龄工蚁的"静态"蜕皮类似。而低龄工蚁每蜕一次皮体形就有较大增长，头宽值平均增加 0.06 mm 左右，特别是 3 龄发育为 4 龄工蚁时，平均增长了 0.16 mm。所以图 4 中出现了较长距离的低频次断续分布区。这个区域的出现，还可能是遗漏了一个龄期的存在。测量中较仔细的挑选了介于这两龄之间的个体，得到的数量甚微，且仍呈间断分布。同时，还对实验室饲养 9 年和 10 年的两个群体的低龄工蚁进行了测量，结果也大致一样。说明这是一种普遍现象。根据陈宁生（1959）和潘演征等（1990）论文，仍把这些在 0.830 mm 以下、断续出现的个体放在 3 龄工蚁内。另外，测量中还观察到，取于 4 月的 8 龄工蚁，腹部表皮整体与腹部虫体有松动分离现象，可以清楚的看到其内新生的腹体轮廓，这是即将蜕皮的象征。由此看来，8 龄不是它的最终龄期，还能蜕皮发育，估计以后每蜕一次皮，体形增长更微。

2.2.3 各龄工蚁头宽与群体年龄的关系：前述知，3 龄工蚁头宽值的分布频次在 0.73 mm 以后出现了低频次断续现象，为弄清这种现象的实质和各龄工蚁头宽与群体年龄的关系，分别对 0.5 年、1.5 年和 5.5 年群体的工蚁进行了测量，结果如表 1。

表 1 黑胸散白蚁不同年龄群体工蚁头宽值比较

Table 1 Comparison of worker head width in different instar colonies of *R. chinensis*

群体年龄（年） Colony age (year)	群体数量（个） Number of colonies	各龄工蚁头宽（mm） Worker head width in different instars				
		3 龄 3rd instar	4 龄 4th instar	5 龄 5th instar	6 龄 6th instar	7 龄 7th instar
0.5	4	0.780 ± 0.024	0.889 ± 0.015			
1.5	1	0.782 ± 0.021	0.872 ± 0.009	0.950 ± 0.013		
2.5	1	0.765 ± 0.040	0.874 ± 0.014	0.960 ± 0.009		
5.5	2	0.717 ± 0.042	0.873 ± 0.018	0.960 ± 0.011	1.001 ± 0.004	1.030 ± 0.003

表 1 表明，尽管群体年龄不同，4 ~ 7 龄工蚁头宽值都大体一致，并与划分标准接近。说明 4 ~ 7 龄工蚁头宽与群体年龄关系不大。实践中观察到年龄较大的群体中工蚁体形较大是工蚁龄期较高；而初建群体的工蚁体形较小是工蚁龄期较低。但 3 龄工蚁的头宽值是随群体年龄的增加而降低，大约到群体发展到 5.5 年进入分化成熟阶段后，就趋于稳定，2 个群体的平均头宽为 0.717 mm，与划分标准十分接近。

进一步的分析是把头宽值划为 4 个头宽值段，在前两低值段中，个体所占比例随群体年龄的增大而递增，尤以 0.67 ~ 0.70 mm 段显著；相反，在后两高值段中，个体所占比例是随着群体年龄的增加而递减，特别以 0.81 ~ 0.83 mm 段突出（表 2）。所以，出现了前面介绍的低频次断续分布区。这种现象很可能是群体建立之初，营养缺乏，3 龄工蚁过早的担负起群体内各项工作，加之几丁质程度不高，脱皮发育时间长而出现的一种持续增长现象；随着群体的发展壮大，群内的各项工作陆续由 4 龄以上工蚁接替，3 龄工蚁中具有这种持续增长能力的个体逐渐减少，到群体发育成熟后已寥寥无几。

2.2.4 工蚁的发育进程：在各年群体中择其最大工蚁测量，确定龄期，结果如表 3。

从表 3 知，随着群体年龄的增加，群体内最大工蚁龄期数增大；但发展到 3.5 ~ 7 年间，一些群体中一直保持 6 龄工蚁为最大；而另一些群体中，却一直保持 7 龄工蚁为最大；发展到 9 年以后的群体都 以 7 龄工蚁为最大；要在再次产生有翅成虫分飞的 11 年群体中才出现 8 龄工蚁。这个结果并不表示工蚁个体的寿命有 11 年之久。因为群体建立之初，工蚁每次蜕皮发育经历的时间都较长，发育到 6 龄或 7 龄就到了终点。11 年群体中的 8 龄工蚁是由建群多年后产生的工蚁发育而来。这时群内营养丰富，每次蜕皮发育经历的时间不长，发育到了 8 龄都还有时间继续发育。从 6、7 龄工蚁出现的时间推测，工蚁寿命最长的不低于 3.5 年。

表 2 黑胸散白蚁不同年龄群体 3 龄工蚁头宽值频次分布

Table 2 Frequency distribution of 3rd instar worker head width in different aged colonies of *R. chinensis*

群体年龄（年）Colony age (year)	群体数量（个）Number of colonies	个体总数（头）Total of individuals	0.67~0.07 mm		0.71~0.75 mm		0.76~0.80 mm		0.81~0.83 mm	
			数量（头）Number	比例（%）Percent	数量（头）Number	比例（%）Percent	数量（头）Number	比例（%）Percent	数量（头）Number	比例（%）Percent
0.5	4	36	2	5.6	7	19.4	21	58.3	6	16.7
1.5	1	19	1	5.3	2	10.5	13	68.4	3	15.8
2.5	1	16	2	12.5	4	25.0	9	56.2	1	6.3
5.5	2	36	20	55.6	8	22.2	7	19.4	1	2.8

表 3 黑胸散白蚁不同年龄群体内最大工蚁的龄期

Table 3 Instars with the largest workers in different aged colonies of *R. chinensis*

群体年龄（年）Colony age (year)	观察群体数（个）Number of colonies	群内最大工蚁为下列龄期的群体数（个）The largest worker number in different instar colony					
		3 龄 3rd instar	4 龄 4th instar	5 龄 5th instar	6 龄 6th instar	7 龄 7th instar	8 龄 8th instar
0.5	5	2	3				
1.5	4			4			
2.5	3			3			
3.5	2				1	1	
4.5	2				1	1	
5.5	4				2	2	
7	3				1	2	
9	1					1	
9.5	3					3	
11	2						2

2.3 兵蚁和各品级补充型生殖蚁的来源

已经得知，翅鳞型和长翅芽型补充生殖蚁来源于 6 龄若蚁；短翅芽型补充生殖蚁来源于 5 龄以前（含 5 龄）若蚁，其具体龄期未确定；无翅型补充生殖蚁来源于工蚁，而来源于何龄工蚁尚不知晓；微翅芽型补充生殖蚁的来源则很不清楚（唐国清等，1990；陈宁生，1959），至于兵蚁的来源，目前仅知建群之初来源于 3 龄工蚁（刘源智等，1998），群体发展后会怎样发生变化？这些都是值得研究的问题。

2.3.1 兵蚁的来源及寿命：对各年共 19 个群体的兵蚁测量看出，0.5 年群体兵蚁头宽 0.850~0.900 mm，来源于 3 龄工蚁；1.5 和 2.5 年群体兵蚁头宽 0.867~0.963 mm，来源于 3 龄和 4 龄工蚁；3.5~10 年群体兵蚁头宽 0.927~1.050 mm，来源于 4 龄、5 龄、6 龄工蚁；再次产生有翅成虫分飞的 11 年群体内兵蚁头宽 1.040~1.087 mm，来源于 6 龄和 7 龄工蚁。在发展到 3.5 年的群体中，基本找不到由 3 龄工蚁转化而来的兵蚁推断，兵蚁的寿命最长不超过 3.5 年。

2.3.2 短翅芽型补充生殖蚁的来源：这类补充生殖蚁头宽值 0.927~1.067 mm，翅芽长度 0.460~0.800 mm，显然来自于 4 龄和 5 龄若蚁。据 28 头短翅芽型补充生殖蚁的资料，来源于 4 龄若蚁的占 42.8%，来源于 5 龄的占 57.2%。尚未见到由 3 龄若蚁转化而来的短翅芽型补充生殖蚁。

2.3.3 微翅芽型补充生殖蚁的来源：微翅芽型补充生殖蚁的分化来源较复杂。唐国清等（1990）用成熟群体的工蚁和兵蚁组建的分离群体培育出了微翅芽型补充生殖蚁。由此可以看出，工蚁能直接转化为微翅芽型补充生殖蚁，头宽值 0.933~1.033 mm，是由 4~6 龄工蚁转化而来。前面已提及的假工蚁是工蚁向微翅芽型补充生殖蚁转化的一种过渡类型；假若蚁可能也是若蚁向微翅芽型补充生殖蚁转化的一种过渡类型。

2.3.4 无翅型补充生殖蚁的来源：测量了 59 头无翅型补充生殖蚁。其中，头宽值为 1.067 mm 的 2 头，估计由 7 龄工蚁转化而来，占 3.39%；1.030~1.050 mm 的 6 头，估计由 6 龄工蚁转化而来，占 10.17%；0.980~1.020 mm 的 18 头，估计由 5 龄工蚁转化而来，占 30.51%；0.930~0.970 mm 的 16 头，估计由 4 龄工蚁转化而来，占 27.12%；0.840~0.920 mm 的 17 头，估计由 3 龄工蚁转化而来，占 28.81%。

3 结论和讨论

（1）黑胸散白蚁群体中属于生殖类型的有原始型生殖蚁和翅鳞型、长翅芽型、短翅芽型、微翅芽型、无翅型补充生殖蚁等品级；属于非生殖类型的有工蚁和兵蚁；介于两者之间的有兵蚁拟补充型和工蚁拟补充型生殖蚁；具有双重品级特征的个体有翅芽型兵蚁。除此之外，还发现假工蚁和假若蚁两种个体。

（2）黑胸散白蚁的胚后发育主要包括2个龄期的幼蚁期、6个以上龄期的工蚁期、4个龄期的若蚁期和有翅成虫。分别依次称1龄幼蚁、2龄幼蚁、3龄工蚁、4龄工蚁、5龄工蚁、6龄工蚁、7龄工蚁、8龄工蚁和1龄幼蚁、2龄幼蚁、3龄若蚁、4龄若蚁、5龄若蚁、6龄若蚁、7龄有翅成虫。

（3）新建群体中的3龄工蚁具有持续增长的能力，到群体发育成熟时，具有这种能力的个体已寥寥无几。在再次产生有翅成虫的群体中，可出现8龄工蚁，8龄工蚁还能蜕皮发育，但蜕皮后体形增长甚微。

（4）假工蚁是工蚁向微翅芽型补充生殖蚁方向发育的一种过渡类型，头宽值1.03~1.08 mm，可能由6龄和7龄工蚁转化发育而来；假若蚁可能是若蚁向微翅芽型补充生殖蚁方向发育的一种过渡类型，头宽值1.00~1.05 mm，估计是由4龄和5龄若蚁转化发育而来。

（5）根据对各品级补充型生殖蚁和工蚁、兵蚁、若蚁的体形测量以及对兵蚁和各品级补充型生殖来源的分析，提出如下的品级分化途径示意图（图5）。

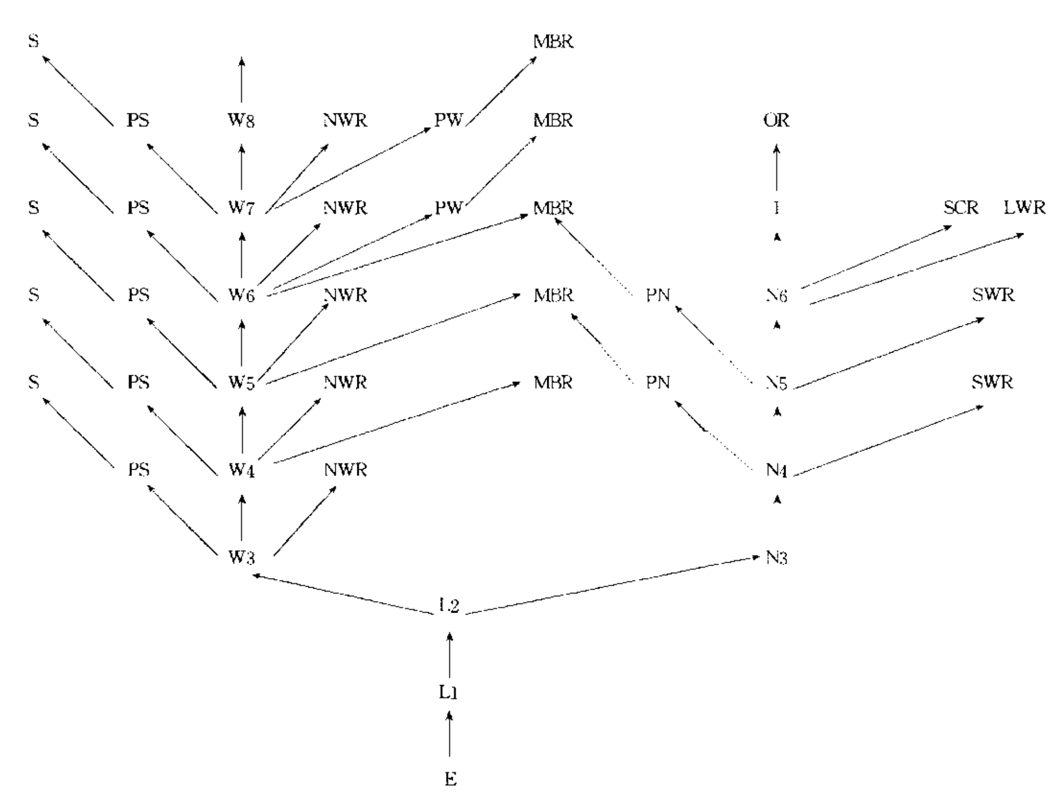


图5 黑胸散白蚁的品级分化示意图

Fig. 5 Caste differentiation in *Reticulitermes chinensis*

每一箭头表示蜕皮一次，虚线表示分化可能性（each arrowhead shows one exuviation，broken line means possible differentiation）

E. 卵（egg）；L1. 1龄幼蚁（larvae of 1st instar）；L2. 2龄幼蚁（larvae of 2nd instar）；S. 兵蚁（soldiers）；PS. 前兵蚁（presoldiers）；W3. 3龄工蚁（workers of 3rd instar）；W4. 4龄工蚁（workers of 4th instar）；W5. 5龄工蚁（workers of 5th instar）；W6. 6龄工蚁（workers of 6th instar）；W7. 7龄工蚁（workers of 7th instar）；W8. 8龄工蚁（workers of 8th instar）；PW. 假工蚁（pseudo-workers）；PN. 假若蚁（pseudo-nymphs）；N3. 3龄若蚁（nymphs of 3rd instar）；N4. 4龄若蚁（nymphs of 4th instar）；N5. 5龄若蚁（nymphs of 5th instar）；N6. 6龄若蚁（nymphs of 6th instar）；I. 成虫（imago）；OR. 原始型生殖蚁（original reproductives）；SCR. 翅鳞型补充生殖蚁（scale replacement reproductives）；LWR. 长翅芽型补充生殖蚁（long-wingbud replacement reproductives）；SWR. 短翅芽型补充生殖蚁（short-wingbud replacement reproductives）；MBR. 微翅芽型补充生殖蚁（miniwingbud replacement reproductives）；NWR. 无翅型补充生殖蚁（no-wingbud replacement reproductives）

致谢 本项研究在中国科学院上海昆虫研究所夏凯龄教授指导下完成，南京市白蚁防治研究所高道蓉教授鉴定供试标本，初稿写成后蒙夏凯龄教授、高道蓉教授和广东省昆虫研究所平正明先生审阅，特此致谢。

参 考 文 献 （References）

Cai B H, Chen N S, 1964. Economic Insect Fauna of China (Termites). Beijing: Science Press.［蔡邦华，陈宁生，1964. 中国经济昆虫志（等翅目，白蚁）. 北京：科学出版社］

Chen N S, 1959. Biology and control of termites. Collected Papers of Entomology. Beijing: Science Press. 1－17.［陈宁生，1959. 白蚁生物学及防治现状. 见：中国科学院昆虫研究所主编，昆虫学集刊. 北京：科学出版社. 1－17］

Dai J D, 1980. Developments in researches on multiform mechanism of termites. *Bio-science Development*, (6): 1－7.［戴季达，1980. 白蚁多态机理的研究进展. 生物科学动态，6：1－7］

Liu Y Z, Jiang Y, Su X Y *et al*., 1998. Biology and Control of Termites in China. Chengdu: Publishing House of Chengdu Science and Technology University. 54－57.［刘源智，江涌，苏祥云等，1998. 中国白蚁生物学及防治. 成都：成都科技大学出版社. 54－71］

Liu Y Z, Tan S J, Wei H J, Sun J N, Tang G Q, Chen S, 2002. The developmental length for flight and inhibition from reproductives on individual differentiation of colony of *Reticulitermes chinensis* Snyder. *Acta Entomologica Sinica*, 45 (3): 346－351.［刘源智，谭速进，魏翰均，孙剑宁，唐国清，陈诗，2002. 黑胸散白蚁的分飞成熟年龄及生殖蚁对子代个体分化的抑制作用，昆虫学报，45 (3)：346－351］

Pan Y Z, Liu Y Z, Tang G Q, 1981. Finds of soldiers with wing pads, white soldiers, workers of *Odontotermes formosanus* (Shiraki) and soldiers with pads of *Reticulitermes chinensis* Snyder. *Entomological Knowledge*, 18 (6): 259－260.［潘演征，刘源智，唐国清，1981. 黑翅土白蚁翅芽型兵蚁、白兵蚁、工蚁和黑胸散白蚁翅芽型兵蚁的发现. 昆虫知识，18 (6)：259－260］

Pan Y Z, Liu Y Z, Tang G Q, 1990. The establishment and development of colonies in *Reticulitermes chinensis* Snyder. *Acta Entomologica Sinica*, 33 (2): 200－205.［潘演征，刘源智，唐国清，1990. 黑胸散白蚁新群体的建立及发展规律. 昆虫学报，33 (2)：200－205］

Tang G Q, Liu Y Z, 1990. Observations on the production and development of replacement *Reticulitermes chinensis* Snyder. *Acta Entomologica Sinica*, 33 (1): 43－48.［唐国清，刘源智，1990. 黑胸散白蚁补充型生殖蚁的产生及发育的观察. 昆虫学报，33 (1)：43－48］